

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	11 (2004), 1/2	S. 137-147	9 Abb., 11 Lit.
----------------------------------	--------------	----------------	------------	-----------------

Die rezente Bodenbildung in Lössen und Lössderivaten bei Almaty (Republik Kasachstan)

Recent soil development in loess and loess-like deposits near Almaty (Kazakhstan)

ULRIKE EIDAM

Einleitung

Böden gelten heute als wesentliche Indikatoren für die Klima- und Landschaftsgeschichte einer Region. Um diese verstehen zu können, ist es notwendig, die rezenten Verteilungsmuster unterschiedlicher boden- und substratsystematischer Einheiten im Raum zu kennen, da diese im Kontext mit den bekannten regionalen Klimadaten Rückschlüsse auf den Einfluss der lokalen Klimabedingungen auf die stattfindende Pedogenese gestatten und bei Existenz fossiler Bodenhorizonte mit vergleichbarer Diversität Aussagen zum räumlichen Klimawandel in der Vergangenheit ermöglicht werden können. Daraus ergibt sich das Hauptanliegen der Arbeit: die Erkundung von Verbreitungsmechanismen im Auftreten rezenter physikalischer und chemischer Bodeneigenschaften in der Umgebung von Almaty (Kasachstan) (Abb. 1).

men. In Abhängigkeit vom Wasserhaushalt der Böden dürfte ihr Kalkgehalt sowohl mit zunehmender Profiltiefe, als auch in Richtung Norden steigen. Um sowohl die Verbreitung als auch die Eigenschaften der äolischen Decken unter dem Aspekt der zunehmenden Entfernung zum Gebirgsfuß analysieren zu können, wurden drei in Süd-Nord-Richtung verlaufende Profilreihen angelegt.

Arbeitsgebiet

Das Arbeitsgebiet im Umland von Almaty, das sich zwischen der Nordwestabdachung des Sailijskij-Alataus und dem Ili-Stausee Kapschagai erstreckt, ist mit Ausnahme der holozänen Sedimentablagerungen entlang der Flussläufe fast ausschließlich mit mächtigen, nach Norden ausdünnenden Lößschichten überzogen, die am Fuß des Sailijskij-Alatau Mächtigkeiten von bis zu 200 m erreichen können, als primär äo-

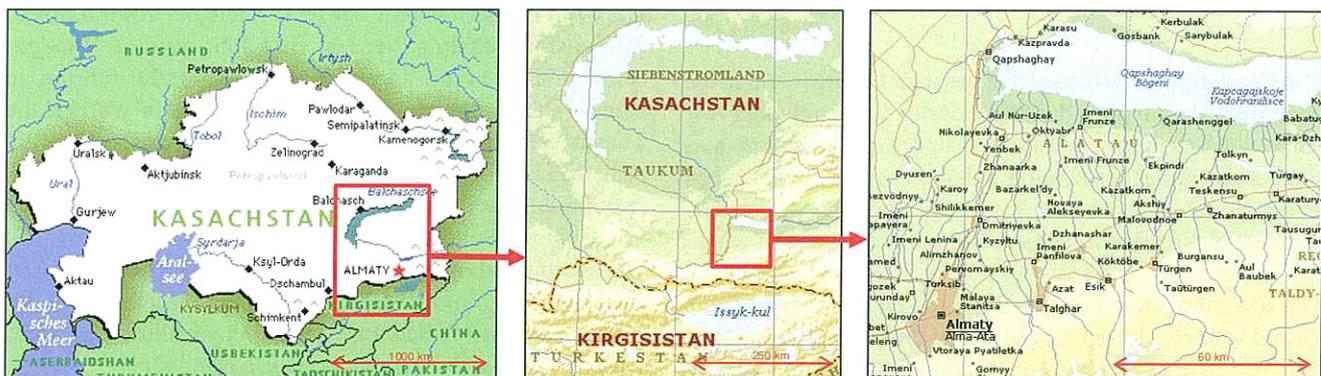


Abb. 1 Das Arbeitsgebiet
Fig. 1 The investigation area

Hierfür wurden im Vorfeld einige Arbeitshypothesen erstellt: Hinsichtlich der von KADUIROV (1979) ermittelten pleistozänen Windfelder sollte im Substrat eine Zunahme der größeren Kornfraktionen nach Norden hin zu verzeichnen sein. Durch die Stauwirkung des sich steil erhebenden Sailijskij-Alataus wurden in unmittelbarer Nähe des Gebirgsfußes hohe Tonanteile im Substrat erwartet. Aufgrund abnehmender Niederschläge und spärlicherer Vegetation in Richtung Norden sollten sowohl die Mächtigkeit der Oberbodenhorizonte als auch deren Gehalt an organischer Substanz spürbar abneh-

lich abgelagerte Lösspakete lokal bis an den Rand der weichselzeitlichen Moränen in etwa 2 100 m ü. NN zu finden sind und sich mehr oder weniger flächendeckend bis über die Grenze nach China erstrecken.

Die alte Kulturlandschaft am Fuß des Sailijskij-Alataus weist heute semiarid kontinentale Klimabedingungen auf. Während der Frühjahrs- und Sommermonate befindet sich das Gebiet im Einfluss der zyklonalen Westwinddrift, so dass aus (nord-)westlichen Richtungen heranströmende Luftmassen durch die sich

mit hoher Relieffenergie erhebende Gebirgskette zum Aufsteigen und Abregnen gezwungen werden. Daher nimmt die Menge der jährlichen Niederschläge von den Steppengebieten im Vorland über die Gebirgsfußzone hinein ins Gebirge deutlich zu (Abb. 2). Die durchschnittlichen monatlichen Temperaturen lassen hingegen in gleicher Richtung einen

tungen wehenden starken Winden in Verbindung mit dem sich steil erhebenden Gebirgszug des Tien Shan, der einen Widerstand gegen die heranströmenden Luftmassen bildete und einen Stau effekt in seinem Luv bewirkte.

Sedimentablagerung

Dieser Stau effekt hatte eine deutliche Differenzierung in der Korngrößenzusammensetzung der akkumulierten Stäube zur Folge, die auf der nachlassenden Transportkraft des Windes und damit auch auf dem Gewicht der einzelnen Partikel beruht. Heute nehmen die Windgeschwindigkeiten mit dem Abstand zum Gebirge zu. Die höchsten Werte werden im Norden des Arbeitsgebiets gemessen. Diese Bedingungen dürften während der Lössakkumulationsphase in noch ausgeprägterem Maße geherrscht haben. Nachlassende Windgeschwindigkeiten führten

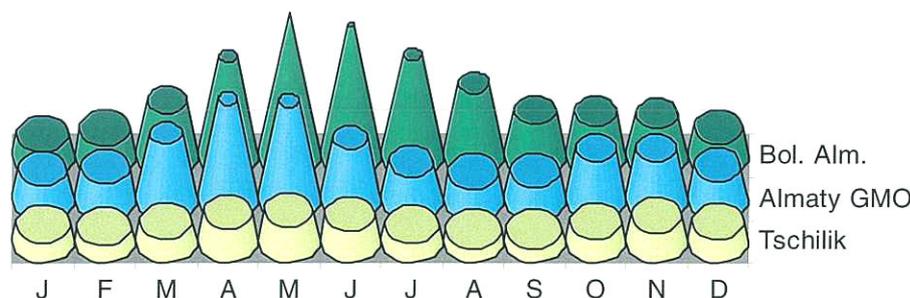


Abb. 2

Vergleich der monatlichen Niederschlagsmenge im Gebirge, in Almaty und in der Steppe

Fig. 2

Monthly precipitation in the mountain area, in Almaty and in the steppe

Rückgang erkennen. Neben den mittleren Lufttemperaturen nimmt mit Abstand vom Gebirge auch die Zahl der Tage mit hohen Windgeschwindigkeiten zu. Im Schutz des Gebirges treten nur an etwa sechs Tagen pro Jahr Windgeschwindigkeiten von >8 m/s auf. Am Gebirgsfuß geschieht dies an ca. 32 Tagen im Jahr und in der Steppenzone an fast jedem dritten Tag. Windgeschwindigkeiten von >20 m/s treten ausschließlich in der Steppenzone an etwa zwei Tagen pro Jahr auf.

Die Vegetation im Arbeitsgebiet weist im Gebirgsvorland die Merkmale der Steppen der temperierten Zone mit einer Abfolge von Langgras-, Mischgras- und Kurzgrassteppe auf, die bei zunehmender Aridität in Kraut- und Strauchsteppen übergeht auf, während die Kette des Sailijskij-Alatau Gebirgsvegetation der verschiedenen montanen Stufen zeigt.

Um den nördlichen Fuß des Sailijskij-Alataus legt sich ein Gürtel von Hügeln, den so genannten Prilavkys. Hierbei handelt es sich um Lössterrassen im Vorgebirge. Die Lösshügel entwickelten sich aus einem Kern von fluvioglazialen Schottern und Abtragungsschutt aus dem Gebirge, der bis ins frühe Holozän mit den äolisch antransportierten Stäuben mantelartig bedeckt wurde. Angaben über die Mächtigkeit der den Prilavkys aufliegenden Lössdecke variieren zwischen 20-30 m (PREVITALI et al. 1997) und etwa 200 m (AUBEKEROV nach mdl. Auskunft 2001). Die von PREVITALI et al. angenommenen Werte dürften die realen Verhältnisse eher widerspiegeln, was nicht ausschließt, dass an den sich im Luvbereich befindenden Spitzen der mit Löss bedeckten Schotterkörper in der Tat extrem mächtige Lössse zu finden sind. Die hier akkumulierten Lössse und Lössderivate verdanken ihre Ablagerung den während des Pleistozäns und bis vor etwa 8 000 Jahren vorwiegend aus nordwestlichen und westlichen Rich-

zunächst zur Ablagerung der groben Partikel, die aufgrund ihres Gewichts nicht länger in Suspension gehalten werden konnten. Daher lagerte sich vorerst ein sehr sandhaltiges Sediment ab. Je kürzer die Entfernung zum Gebirge wurde, umso stärker wurden die Stau effekte und umso geringer die Windgeschwindigkeiten. Ihrer Korngröße entsprechend, wurden nach den reinen Sanden auch Schluffe abgelagert, deren Anteil stets zunahm, während der der Sande zurückging. Am längsten konnte der feine Staub der Tonfraktion in Suspension gehalten werden. Erst sehr geringe Windgeschwindigkeiten am unmittelbaren Gebirgsfuß führten zu seiner Ablagerung. In höheren Luftschichten wurden die Tonstäube jedoch bis in die Gebirgstäler transportiert. Im Arbeitsgebiet befinden sich die mächtigsten Lössablagerungen am unmittelbaren Gebirgsfuß, wo sie die ursprünglich aus Gebirgsschutt bestehenden Prilavkys überlagern. Mit wachsender Entfernung vom Gebirge wird die Lössdecke geringmächtiger, um im Gebiet des Stausees Kaptshagai allmählich auszustreichen. Im Norden der westlichsten Catena jedoch erhebt sich eine mächtige Flugsanddüne.

Substrataufbau

Die Zusammensetzung der einzelnen Kornfraktionen in den Substraten unterliegt im Untersuchungsgebiet des Gebirgsvorlands einem Wandel, der sich in einer deutlichen Zunahme größerer Fraktionen in Richtung Norden bemerkbar macht. Am unmittelbaren Gebirgsfuß zeigt das Substrat einen starken Tongehalt von etwa 25 M.-%. Dies ist ein weiterer Hinweis auf sehr ruhige Ablagerungsbedingungen im Stau des Tien Shan.

Das Maximum der Korngrößenverteilung im Gebirgsvorland findet sich, im Gegensatz zur Zusammensetzung der Korn-

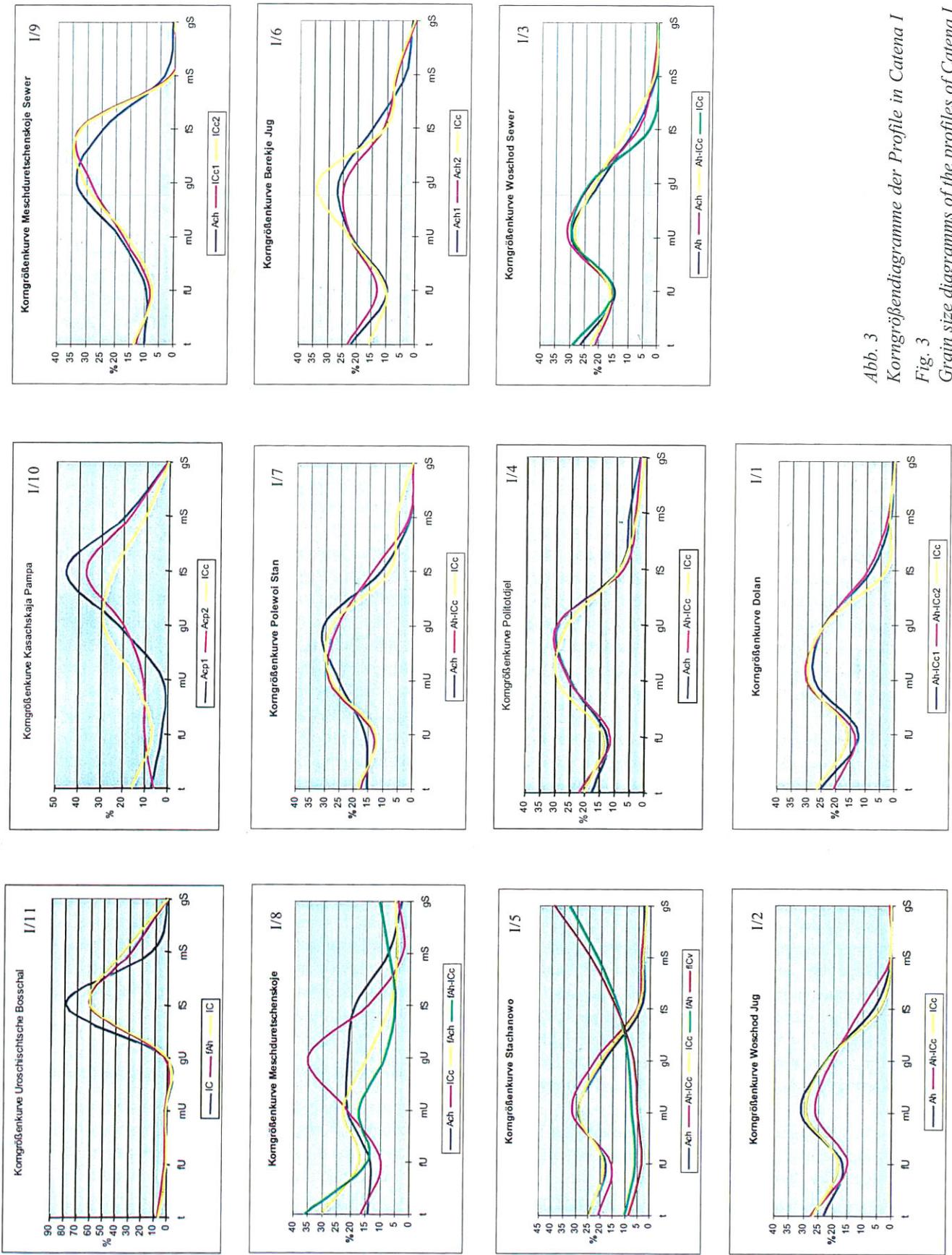


Abb. 3
 Korngrößenprofile der Profile in Catena I
 Fig. 3
 Grain size diagrams of the profiles of Catena I

fraktionen mitteleuropäischer Lössgebiete (u. a. ALTERMANN & FIEDLER 1975), im Mittelschluffbereich. Dies ist ein auffallendes Kennzeichen aller sich in unmittelbarer Nähe des Gebirges befindlichen Lössen im Arbeitsgebiet. Erst ab einer Entfernung von ungefähr 12 km vom Gebirgsrand geht der Tonanteil zurück und es erfolgt ein Wechsel des Korngrößenmaximums in den für Lössen definitionsgemäß typischen Bereich des Grob schluffs (Abb. 3). Ein weiteres Merkmal der Lössen und Lössderivate im nördlichen Vorland des Sailijskij-Alatau ist der Anteil des Grob schluffs im Verhältnis zu den anderen Korngrößenfraktionen. Im Bereich des Grob schluffmaximums in einer Entfernung von etwa 12 bis 35-40 km vom Gebirgsfuß fällt auf, dass selbst in diesem Gebiet der Anteil groben Schluffs nicht über 35 M.-% ansteigt und im Durchschnitt bei 27,3 M.-% liegt. Dies zeigt deutliche Differenzen zum Substrataufbau an der mitteleuropäischen nördlichen Lössgrenze, wo Grob schluffanteile von mehr als 50 M.-% keine Seltenheit sind und sogar die Sandlössen in der Regel noch Grob schluffanteile von mehr als 30 M.-% aufweisen (GEHRT 2001, ALTERMANN & FIEDLER 1978). Während die Ergebnisse der genannten Arbeiten zeigen, dass der Mittelschluffgehalt in mitteleuropäischen Lössgebieten deutlich unter dem des Grob schluffs anzusiedeln ist und selten mehr als 20 M.-% erreicht, liegt er im Arbeitsgebiet häufig über 20%, im Mittel bei 23,6 M.-%. Die Differenz zum Grob schluffanteil ist deutlich geringer als in Mitteleuropa, in einigen Fällen, besonders in Gebirgsnähe ist der Anteil des Mittelschluffs, wie schon erwähnt höher, als jener des Grob schluffs. Die Tongehalte sind, abgesehen von den Standorten am Gebirgsfuß mit denen mitteleuropäischer Lössen und Lössderivate durchaus vergleichbar. Sie liegen im Arbeitsgebiet im Mittel bei 18,8 M.-% mit höheren Werten im Süden und niedrigeren im Norden des untersuchten Gebiets.

Der Grund für die insgesamt größeren Anteile feinerer Fraktionen in den Lössen des Untersuchungsgebietes als in jenen Mitteleuropas mag in längeren Transportwegen liegen, die das Material von den Herkunftsgebieten bis zu den Akkumulationsräumen zurückgelegt hat und die eine stärkere Aufbereitung der transportierten Stäube zur Folge hatten. Während des Pleistozäns gibt KADUIROV (1979) Hauptwindrichtungsströmungen aus Westen und hauptsächlich Nordwesten an, die mit dem großen Vergletscherungsgebiet über Nordeuropa und Nordrussland erklärt werden, so dass ein zusammenhängendes Auswehungsgebiet von der Ostukraine über die Kaspische Senke und das Tiefland von Turan vermutet wird. Dies würde für die äolischen Sedimente Transportwege von z. T. mehreren tausend Kilometern bedeuten haben, die die feinere Fraktionierung im Vergleich zu den nur einige hundert Kilometer transportierten Lössen Mitteleuropas erklären.

Während, wie bereits festgestellt, die Tonanteile im Sediment in Richtung Norden geringer werden, zeigt sich gleichzeitig eine deutliche Zunahme der Sandfraktion, die an allen Standorten vom Feinsand dominiert wird. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach PEARSON bestätigt einen starken Zusammenhang zwischen der Zunahme des Sandgehaltes und der Abnahme der Tonanteile ($r = -0,76$). Ein Zusammenhang zwischen Zunahme des Sandgehaltes mit der

Entfernung zum Gebirge lässt sich für alle drei Catenen zusammen mit $r = 0,63$ belegen, unter Ausklammerung von Catena III mit $r = 0,77$.

Substratsystematische Einheiten

Den Mechanismen des Staubtransports und seiner Ablagerung entsprechend, können im Arbeitsgebiet folgende substratsystematische Einheiten ausgewiesen werden, die sich nach der verwendeten, auf der KA 4 [AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung] basierenden Kartieranleitung richten und auf dem Sandgehalt des Substrats (bzw. Tongehalt bei Tonlössen) beruhen.

Wie schon erwähnt, befindet sich im Norden der Catena I eine aus zum überwiegenden Teil aus Feinsand bestehende Flugsanddüne. Südlich davon schließt sich ein schmales, etwa 2-5 km breites Band mit mehr als 50 M.-% Sandanteil im äolischen Sediment an, so dass das Substrat als Lösssand anzusprechen ist. Diese Zone streicht zwischen den nördlichen Bereichen von Catena II und III am Stausee aus. Nachfolgend sinken die Sandanteile auf Werte zwischen 20 und 50 M.-% ab. Dieses Gebiet der Sandlössen erstreckt sich im Westen auf 7-8 km und wird in Richtung Osten zunehmend breiter. In Catena III reichen die Sandlössen bis an das Ufer des Kapschagai und dehnen sich in Richtung Süden bis in die Nähe der 900 m-Isohypse aus, nehmen hier also eine Breite von nahezu 30 km ein. Diese außergewöhnlich weite Ausdehnung in Richtung Süden dürfte auch auf die Schüttung eines Schwemmkegels durch den Turgenfluss zurückzuführen sein, in dessen Einflussgebiet erhöhte Sandgehalte auftreten, die lokal wieder etwa 60 M.-% erreichen können.

Kommt man dem Gebirgsfuß noch näher, erreicht man eine Zone, in der der Sandgehalt des Sediments weniger als 20% beträgt, die Zone der, eine äolische Genese vorausgesetzt, typischen Lössen. Sie erstreckt sich im Durchschnitt über etwa 20 km, verringert sich im Osten aufgrund der oben erwähnten Bedingungen jedoch auf ca. 5 km, um im Bereich des Schwemmkegels völlig in den Hintergrund zu treten. Da nördlich der Stadt Issyk, wo sich jedoch kein Profilstandort befindet, ebenfalls ein Schwemmkegel existiert, ist anzunehmen, dass auch dort erhöhte Sand- und Skelettgehalte im fluvialen Sediment auftreten und in das Gebiet der typischen äolischen Lössen hineinragen. Am unmittelbaren Gebirgsfuß bis in eine Entfernung von etwa 6 km und im Gebirge selbst steigt der Tongehalt auf mehr als 25-30 M.-% an. Die hier angetroffenen Sedimente wurden als Tonlössen (Bodenarten-gruppe der Schlufftone) eingestuft (Abb. 4).

Humusgehalt und Mächtigkeit der Oberbodenhorizonte

Betrachtet man die Gehalte organischer Substanz der einzelnen Horizonte, so ergeben sich zwei Richtungen ihrer Abnahme. Zum einen die Abnahme des Gehalts an organischer Substanz mit zunehmender Bodentiefe, zum anderen seine Abnahme mit steigender Entfernung zum Gebirgsfuß, also in Richtung Norden. Letztere macht sich besonders in den Ah-Horizonten bemerkbar. In Catena I schwanken die Werte zwischen 7,7 M.-% in Gebirgsnähe und 0,5 M.-% auf der Flugsanddüne (Mittelwert 3,7 M.-%). In Catena II beträgt der

mittlere Anteil organischer Substanz der Ah-Horizonte 3,6 M.-% und schwankt zwischen 8,7% am Gebirgsfuß und 1,6% im Norden der Profilreihe. Die östlichste Catena zeigt Werte zwischen 8,9% und 2,5%. Da es sich hier nur um fünf Standorte handelt, liegt der Mittelwert bei 5,3 M.-%. Zwischen den Gehalten an organischer Substanz der Ah-Horizonte der einzelnen Profile und der Entfernung zum Gebirgsfuß zeigt sich nur ein mittlerer Zusammenhang von $r = -0,69$. Betrachtet man jedoch die Mittelwerte des Anteils organischer Substanz der Ah-Horizonte in den einzelnen bodensystematischen Einheiten und setzt sie in Bezug zur Entfernung vom Fuß des Sailijskij-Alatau, so zeigt sich eine sehr starke Korrelation von $r = -0,96$. Das heißt, je weiter man sich vom Gebirgsrand entfernt, umso geringer werden die Anteile organischer Substanz im Oberboden. Die Korrelation ergab sich auf Grundlage folgender Daten: der mittlere Anteil organischer Substanz im Schwarzerdegürtel beträgt 6,1 M.-%, im Kalkschwarzerdebereich liegt der Wert bei 3,8 M.-%. Mit 3,7 M.-% liegen die Anteile im Gebiet der Pararendzinen nur knapp

darunter. Sie sinken auf durchschnittlich 2,8 M.-% in der Zone der Lockersyrosem-Pararendzinen und betragen im Lockersyrosem lediglich 0,5 M.-% (Abb. 5).

Neben den Anteilen organischer Substanz der Ah-Horizonte, nimmt auch die Mächtigkeit der Oberbodenhorizonte mit zunehmender Entfernung zum Gebirgsrand und somit mit sinkender jährlicher Niederschlagsmenge ab. Die stärksten Mächtigkeiten sind u. a. aufgrund des hohen Anfalls von Streu am unmittelbaren Gebirgsfuß zu finden. Die Werte liegen hier zwischen 69 cm und 104 cm. Doch sind, und dies gilt sowohl für die westliche, als auch für die mittlere Catena, bis in eine Entfernung von 20-25 km vom Gebirgsrand noch Oberbodenmächtigkeiten von mehr als 50 cm zu verzeichnen. Dieser Umstand ist vor allem der im späten Frühjahr in der Lang- und Mischgrassteppe anfallenden großen Menge an Gräserstreu und ihrem nur mäßigen Abbau während der heißen und trockenen Sommer- bzw. der kalten Wintermonate, in denen die mikrobielle Zersetzung gehemmt ist, zuzu-

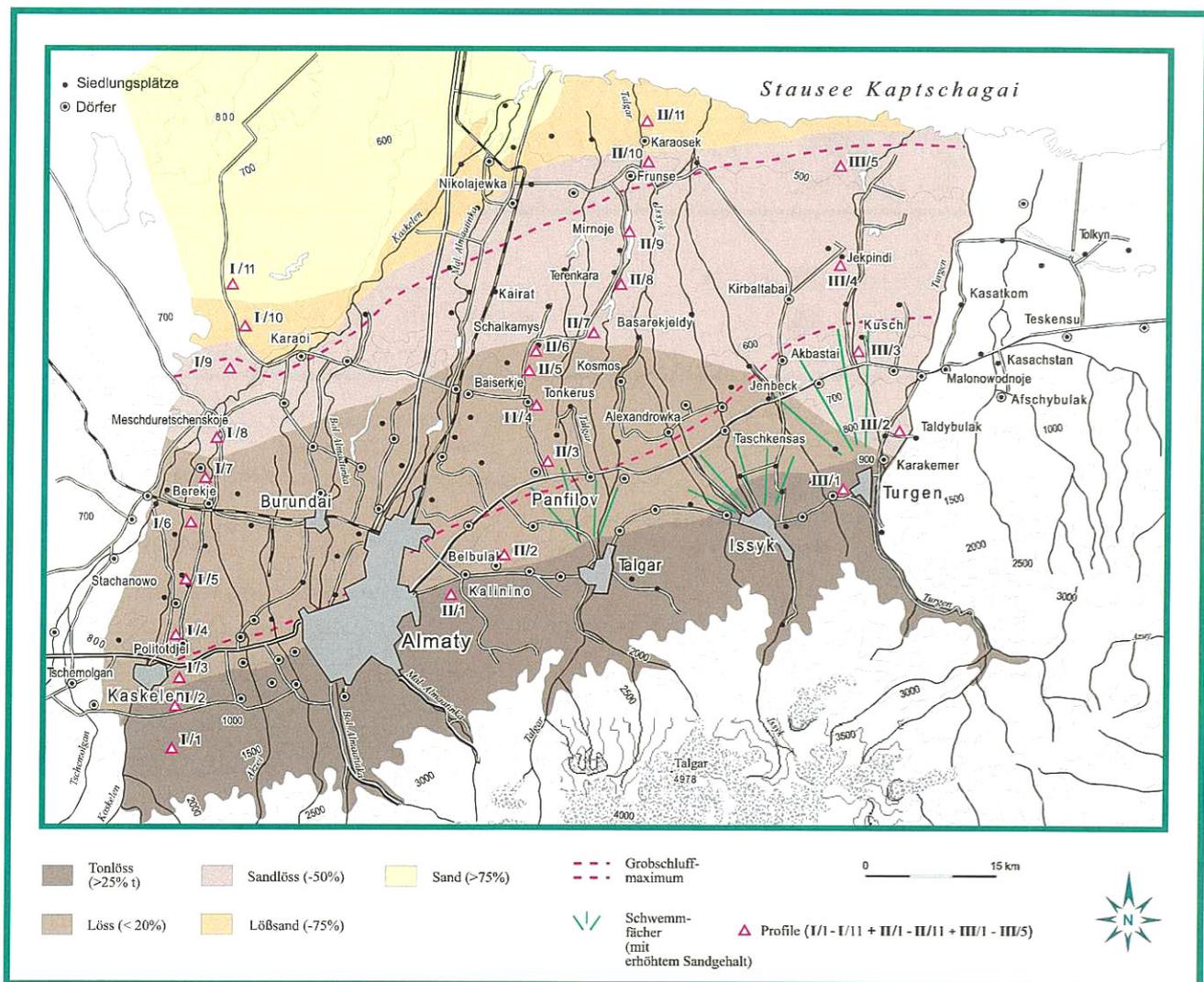


Abb. 4
 Räumliche Verbreitung der Substratsystematischen Einheiten (unterAusklammerung der nicht äolischen Sedimente)
 Fig. 4
 Spreading of types of substratum

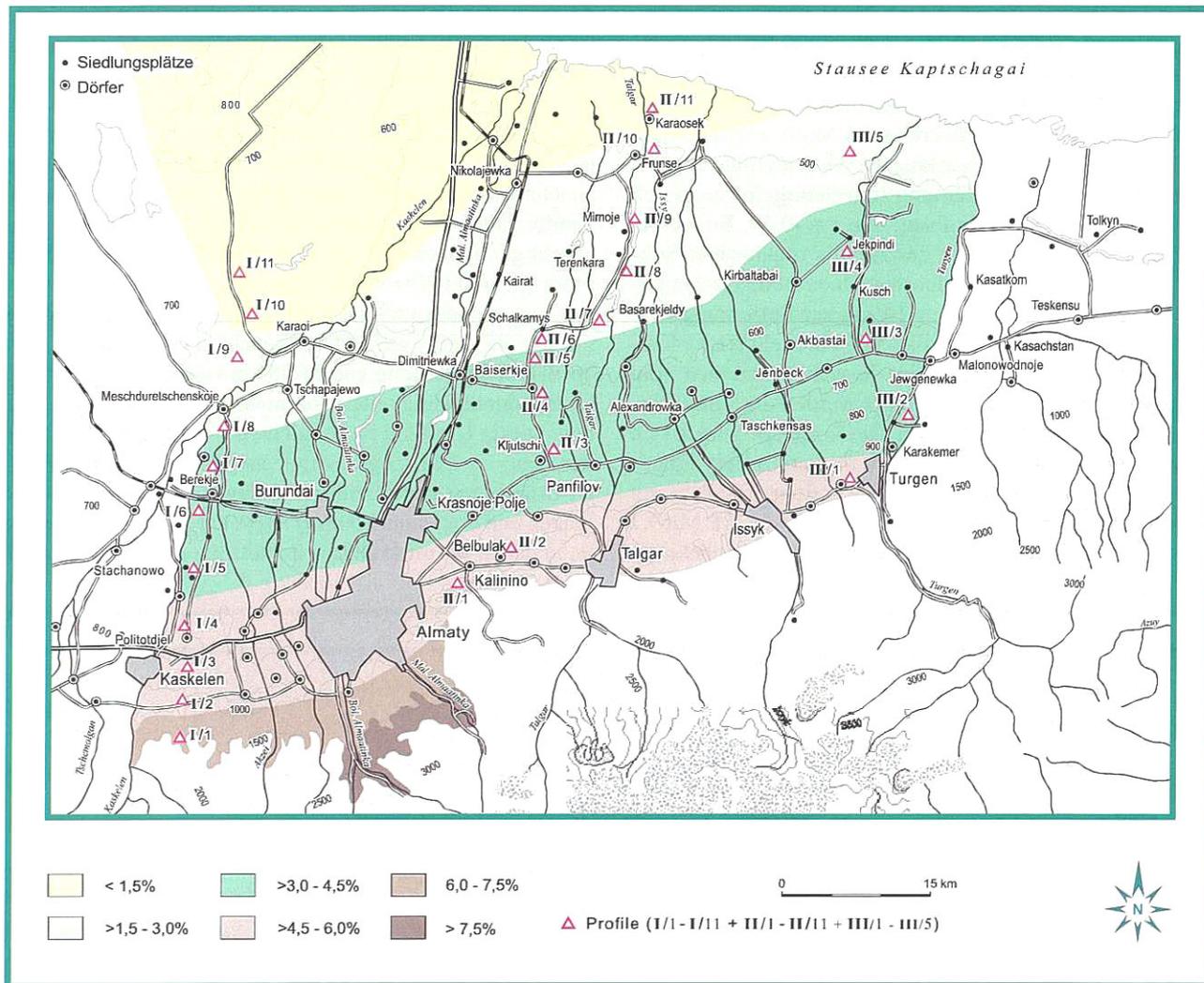
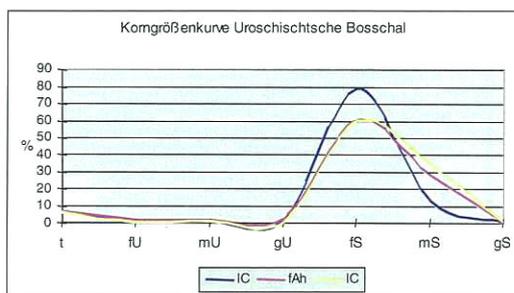


Abb. 5 Übersichtskarte der Gehalte organischer Substanz in den A-Horizonten
 Fig. 5 Contents of organic matter in the A-horizons



**Bodenprofil
 Uroschitschtsche
 Bossschal (I/11) - OLn**

Abb. 6
 Chemische und physikalische Parameter des Profils I/11 (OLn)
 Fig. 6
 Chemical and physical parameters of the profile I/11 (OLn)



Korngrößenkurve Uroschitschtsche Bossschal (I/11)

Labordaten Uroschitschtsche Bossschal

Horizont	Prob.-Nr.	Korngrößen							pH-Wert		GV %	CaCO ₃ %	C/N	Eisen in g kg		
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	t	H ₂ O	CaCl ₂				Fe _t	Fe _d	Fe _o
IC	78	0,1	12,6	78,2	1,1	0,5	0,5	7,1	8,1	n. b.	0,5	0,2	n. b.	-	-	-
fAh	79	0,3	27,2	60,3	2,5	1,3	1,7	6,7	8,3	7,5	0,6	0,3	n. b.	20,1	3,8	0,3
IC	80	0,1	33,8	59,2	0,2	0,5	0,1	6,2	8,9	n. b.	0,4	0,3	n. b.	-	-	-

rechnen. Lediglich in der östlichen Profilreihe ist ein rascher Rückgang der Oberbodenmächtigkeit zu verzeichnen. Innerhalb weniger Kilometer sinken die Werte auf etwa 20 cm ab. Allerdings ist im östlichen Teil des Arbeitsgebietes nach Norden hin auch eine raschere Zunahme der Aridität mit spärlicherer Vegetation als im westlichen und zentralen Bereich des Arbeitsgebietes zu erkennen. Der Korrelationskoeffizient nach PEARSON zwischen der Mächtigkeit der Oberbodenhorizonte und ihrer Entfernung zum Gebirge beträgt $r = -0,73$.

Bodensystematische Einheiten

Aufgrund der Horizontabfolgen sowie der bodenchemischen Parameter in den Profilen erfolgte eine Zuordnung der untersuchten Böden zu den in der verwendeten Kartieranleitung beschriebenen bodensystematischen Einheiten. So ist eine Bodenbildung im Einflussbereich der Flugsanddünen im Nordwesten des Untersuchungsgebietes nur ansatzweise zu erkennen (Abb. 6). Aufgrund spärlicher Vegetation, gerin-

ger Niederschläge sowie rascher Akkumulation neuer Sedimente durch die erhöhte Tätigkeit des Windes konnte sich bisher kein erkennbarer Ah-Horizont ausbilden. Die als Lockersyrosem angesprochene bodensystematische Einheit weist allerdings in 30 cm Tiefe einen fossilen A-Horizont auf, was unter Umständen auf etwas feuchtere klimatische Bedingungen in der Vergangenheit hindeuten könnte. Südlich der Flugsanddünen schließt sich eine im westlichen und zentralen Bereich ca. 7 km breite Lockersyrosem-Pararendzina Übergangszone an, die sich in der östlichen Catena bis über den nördlichsten Standort des Transekts hinaus erstreckt, eine Breite von etwa 16 km erreicht und sich daher weiter als in den Catenen I und II in Richtung Süden ausdehnt (Abb. 7). Südlich davon befindet sich ein ca. 4 km breites Band von Pararendzinen, das sich im Osten allerdings bis auf ca. 10 km erweitert und in Catena II eine deutliche Ausbuchtung in Richtung Norden aufweist. Die gut durchwurzelten, relativ sandigen Pararendzinen (Sandgehalte bis 40%) sind mittel bis stark carbonathaltig und weisen pH-Werte im mäßigen

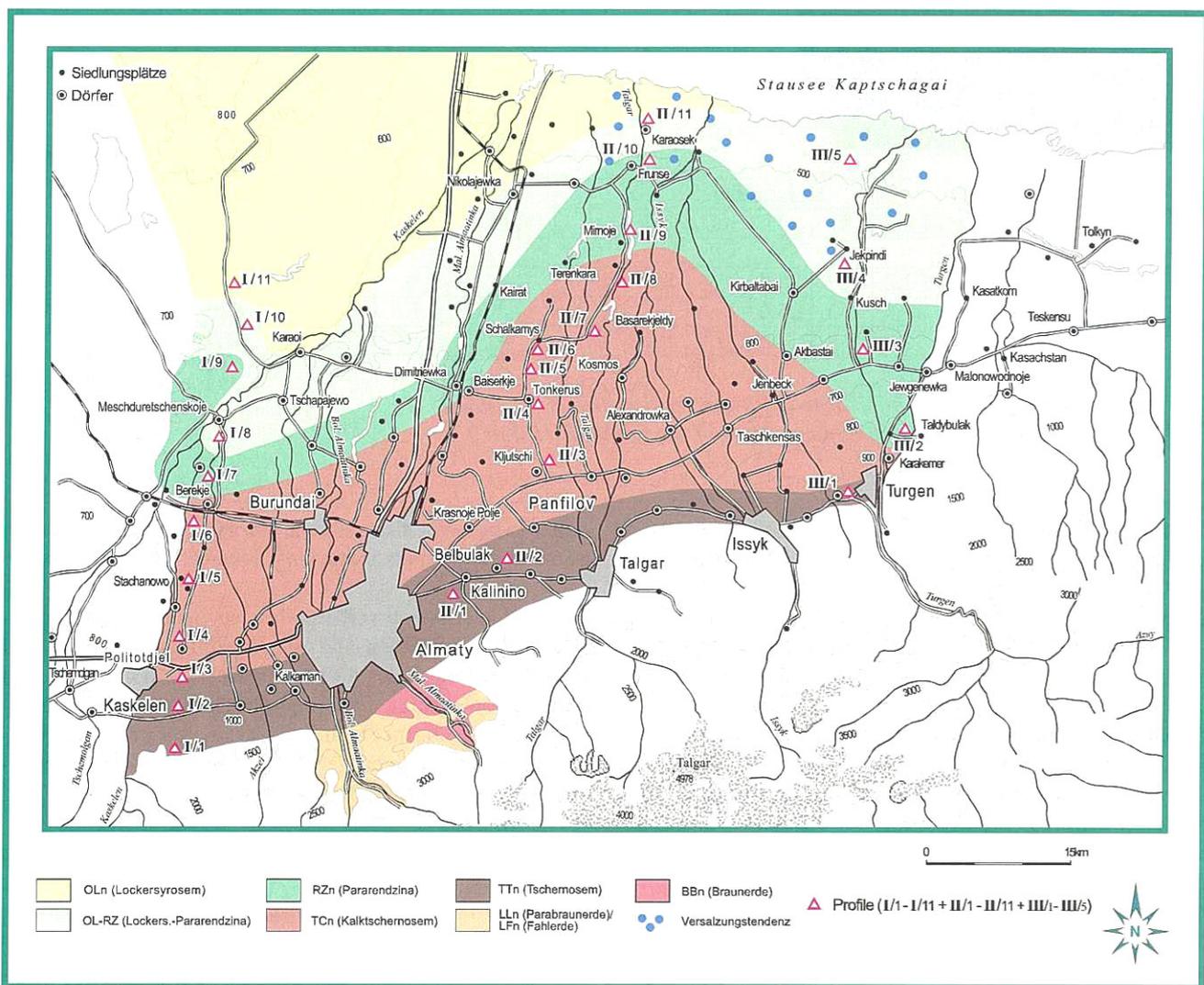


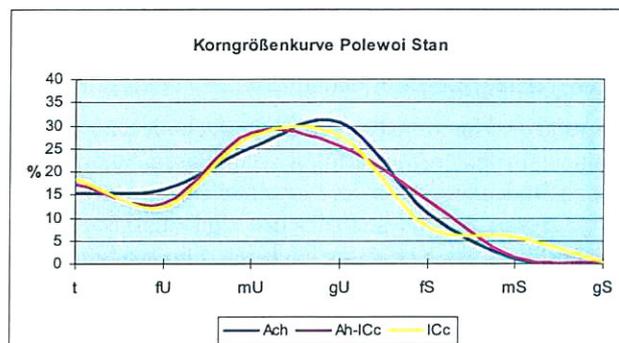
Abb. 7 Schematische Darstellung der Bodensystematischen Einheiten außerhalb der Flusstäler
 Fig. 7 Pattern of the soilsystematic units outside of valleys

bis stark alkalischen Bereich (8-10) auf. Die Ah-Horizonte besitzen, je nach Vegetationsbedeckung und Humusanfall, Mächtigkeiten zwischen 6 und 25 cm (Abb. 8).

Es folgt ein zwischen 16 (im Westen) und 23 km (im zentralen Bereich) breites Gebiet, in dem mit der Zunahme der Vegetationsbedeckung auch der Humusgehalt der Ah-Horizonte



Bodenprofil Polewoi Stan (I/7) - RZn



Korngrößenkurve Polewoi Stan (I/7)

Labordaten Polewoi Stan

Horizont	Prob.-Nr.	Korngrößen							pH-Wert		GV %	CaCO ₃ %	C/N
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	t	H ₂ O	CaCl ₂			
Ach	65	0,2	1,2	10,9	30,8	25,3	16,2	15,4	8,4	n. b.	3,6	8,0	13,8
Ah-ICc	66	0,3	1,5	13,6	25,6	28,6	13,2	17,2	8,2	n. b.	3,0	8,8	n. b.
ICc	67	0,3	5,8	7,9	27,6	27,8	12,3	18,4	7,9	n. b.	1,6	14,7	n. b.

Abb. 8 Chemische und physikalische Parameter des Profils I/7 (RZn)
Fig. 8 Chemical and physical parameters of the profile I/7 (RZn)

beständig zunimmt und ihre Mächtigkeit mindestens 40 cm beträgt. Die Oberbodenhorizonte verfügen über einen mäßigen Carbonatgehalt, der in der mittleren Profilvereihe um etwa 2,8 M.-% höher liegt, als in den beiden äußeren, so dass es sich hierbei nicht um eine Normschwarzerde, sondern laut verwendeter Kartieranleitung, um ihre kalkhaltige Variante, eine Kalkschwarzerde handelt (Abb. 9). In der östlichen Profilvereihe wurde im gesetzten Abstand der Standorte keine Kalkschwarzerde angetroffen, was auf einen sehr schmalen Bereich dieser Bodenbildung nahe des Gebirgsrands hindeutet und wahrscheinlich auch auf die Schüttung eines Schwemmkegels durch den Turgen-Fluss zurückzuführen ist, der hier die sonst typischen Bodenbildungen der Region über Sedimenteinträge beeinflusst. Höhere Niederschläge durch das Auftreten von Stauregen am unmittelbaren Gebirgsrand führen zu einer Entkalkung der Oberbodenhorizonte, die sich zudem durch hohe biogene Aktivität, Mächtigkeiten >40 cm und Humusgehalte zwischen 6 und 8% auszeichnen. Diese, als Normschwarzerden angesprochenen Böden sind flächendeckend bis in eine Höhe von ca. 1 000 m

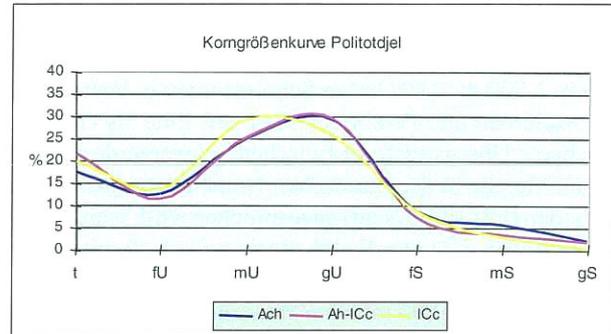
und teilweise, wie sich während eines Geländepraktikums im Sommer 2001 herausstellte, bis 1 500 m ü. NN zu finden.

In ehemals grundwasserbeeinflussten Gebieten, u. a. in der Nähe von Flussläufen und wassergefüllten Owrags, sind die Eigenschaften der dort verbreiteten Böden modifiziert worden. Ausgeprägte redoximorphe Spuren zeigen Vergleungsprozesse an. Insbesondere wurden stark carbonathaltige Gley-Pararendzinen gefunden, die jedoch nicht Gegenstand näherer Untersuchungen waren.

Es ergibt sich also von Süden nach Norden in der Richtung zunehmender Aridität folgende Abfolge bodensystematischer Einheiten: Tschernosem – Kalktschernosem – Pararendzina – Lockersyrosem-Pararendzina – Lockersyrosem. Legt man die internationale Nomenklatur der FAO zugrunde, so zeigte sich in gleicher Richtung eine Bodencatena mit Phaeozem (entkalkter Oberboden) – Chernosem (entspricht den Kalkschwarzerden mit carbonathaltigem Oberboden) – Calcisol. Auffällig ist hierbei das Fehlen der in der typischen Step-



Bodenprofil Politotdjel (I/4) - TCn



Korngrößenkurve Politotdjel

Labordaten Politotdjel

Horizont	Prob.-Nr.	Korngrößen							pH-Wert		GV %	CaCO ₃ %	C/N
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	t	H ₂ O	CaCl ₂			
Ach	54	1,9	5,5	8,5	29,1	25,0	12,4	17,6	8,3	7,8	4,4	5,9	12,8
Ah-ICe	55	1,7	3,4	7,2	29,4	25,3	11,5	21,6	8,4	7,8	2,4	10,3	n. b.
ICe	56	0,3	2,7	8,5	25,8	29,2	13,5	20,0	8,6	7,8	2,2	7,7	n. b.

Abb. 9 Chemische und physikalische Parameter des Profils I/4 (TCn)
 Fig. 9 Chemical and physical parameters of the profile I/4 (TCn)

penbodenabfolge auftretenden Kastanozems. Im Gegensatz zu den Untersuchungen der kasachischen Wissenschaftler NASYROV, NAUMENKO & SOKOLOV (1991), die ein etwa 10 km breites Band kastanienfarbener Böden in 5 bis 10 km Entfernung vom Gebirgsrand beschreiben, wurden im Rahmen dieser Arbeit keine Bodenbildungen mit eindeutigen diagnostischen Merkmalen der Kastanoseme, die sich in erster Linie durch ihren Farbwert und die meist neutrale Bodenreaktion von den beschriebenen Kalkschwarzerden unterscheiden, angetroffen. Womit jedoch nicht ausgeschlossen werden soll, dass bei einer Verdichtung der Profilstandorte kastanienfarbene Bodenbildungen zu finden sein könnten.

Die im Gebirgsraum deutlich höheren Niederschläge bewirken zum einen eine dichtere Vegetation und damit einen erhöhten Streuanfall, dessen Abbau durch die lange Winterperiode gehemmt wird. Zum anderen führen sie zu einer Entkalkung der Böden bis in eine Tiefe von annähernd 50-120 cm. Die dadurch bedingte pH-Wert-Senkung ermöglicht anschließend die Verlagerung von Ton und Ton-Humus-Komplexen mit dem Sickerwasser in größere Tiefen. Als Leitungsbahnen dienen die Grob- und Mittelporen des Bodenkörpers. Wo ihr Anteil aufgrund der Ausfällung und Anreicherung des einst aus dem Oberboden ausgewaschenen Carbonates abnimmt, findet auch die Abwärtsbewegung der Tonpartikel ein Ende. Ein verdichteter, tonreicher B-Horizont

entwickelt sich. Dieser Vorgang ist in den Böden des Gebirgsraumes sehr häufig anzutreffen. Es zeigt sich eine typische Horizontabfolge von Ah-Al-Bt-C. Derartige Böden sind in den untersuchten Tälern in einer Höhenlage ab etwa 1 700 m anzutreffen und auch in den äolischen Ablagerungen oberhalb 2 000 m zu finden. Sie wurden zunächst als Parabraunerden angesprochen. Oftmals erwies sich jedoch der lessivierte Horizont als derart hell und der bodenartige Unterschied zwischen Al- und Bt-Horizont als so groß, dass eine Einordnung unter dem Begriff Fahlerde diskutiert werden musste. Infolgedessen erfolgte im Nachhinein eine Zuordnung einiger Standorte zu den Fahlerden. Es bleibt jedoch festzuhalten, dass sich die bodenchemischen und bodenphysikalischen Parameter sowohl der als Parabraunerden, als auch der als Fahlerden angesprochenen Böden, stets im Grenzbereich zum jeweils anderen Bodentyp befinden, so dass eine eindeutige Differenzierung der beiden Bildungen in den Gebirgstälern des Sailijskij-Alataus weitere und detaillierte Untersuchungen voraussetzen würde (dazu auch LIEBEROTH 1964).

Im Kleinen Almatinkatal zeigen sich neben Parabraunerden und Fahlerden auch Braunerden. Diese sind mindestens bis zum Beginn des C-Horizonts entkalkt und verfügen über deutliche verbrauchte B-Horizonte oberhalb der Entkalkungsfront. In Höhenlagen bis zu 1 500 m sind in flachen Berei-

chen z. T. auch Schwarzerden anzutreffen. Nimmt die Hangneigung zu, treten im Oberbodenhorizont häufig Kappungserscheinungen aufgrund von Erdbewegungen auf, die zu einer Minderung der Oberbodenmächtigkeit (unter 40 cm) führen.

Insgesamt zeigen sich in unterschiedlichen Höhenstufen verschiedene Bodengesellschaften. In den unteren Talbereichen um 1 500 m ü. NN treten Schwarzerden in Verbindung mit Braunerden und Parabraunerden auf. Eine als Griserde bezeichnete Übergangsform zwischen Schwarzerde und Parabraunerde, die in der Russischen Nomenklatur als Grauer Waldboden (FAO: Greysem) angesprochen wird, wurde zwar nicht gefunden, ist unter Waldbedeckung jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit in beiden Tälern anzutreffen. Oberhalb 1 500 m bis etwa 1 800 m treten Parabraunerden gemeinsam mit Braunerden auf. Es lässt sich jedoch keine Gesetzmäßigkeit einer lokalen Differenzierung, sei es Exposition, Vegetationsbedeckung, etc., im Auftreten beider Bodentypen feststellen. Diese Aussage trifft ebenso für die in den Höhenlagen zwischen 1 700 m und 2 200 m ü. NN angetroffene Vergesellschaftung von Parabraunerden und Fahlerden zu. Schließlich soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass im Rahmen dieser Arbeit lediglich Bodenbildungen in als äolisch einzustufenden Sedimenten untersucht wurden. Was eine weitere höhenmäßige Zonierung der Bodenbildungen außerhalb der Lössablagerungen betrifft, so sei auf die Arbeiten von PREVITALI, ASSI et al. (1997) sowie NASYROV, NAUMENKO et al. (1991) hingewiesen.

Zusammenfassung

Der Artikel beschäftigt sich mit der Struktur und den Bodenbildungen der Löss- und Lössderivate in der Umgebung von Almaty/Kasachstan. Untersucht wurden die Lösskörper im nördlichen Vorland des Sailijskij-Alataus sowie in zwei Gebirgstälern. Die Lössdecke im Gebirgsvorland des Sailijskij-Alataus weist eine sehr inhomogene Zusammensetzung innerhalb der Korngrößenfraktionen auf. Es zeigt sich eine deutliche Zunahme der Sandfraktion in Richtung Norden. Gleichzeitig gehen die Tongehalte zurück. Die Anteile an Grobschluff bleiben selbst in der Zone des Grobschluffmaximums im Substrat deutlich hinter jenen mitteleuropäischer Lösskörper zurück. Es ergibt sich von Süden nach Norden eine laterale Substratabfolge von Tonlöss über Löss, Sandlöss, Lösssand bis hin zu den reinen Flugsanden im Nordwesten des Untersuchungsgebiets. Sowohl Mächtigkeit als auch Gehalt an organischer Substanz der Oberbodenhorizonte lassen aufgrund geringer werdender Niederschläge und spärlicherer Vegetation einen markanten Rückgang in Richtung Norden erkennen. Im Vorland wurden, unter Verwendung der für Mitteleuropa gültigen Nomenklatur, folgende bodensystematische Einheiten angetroffen (von Süd nach Nord): Schwarzerden – Kalkschwarzerden – Pararendzinen – Lockersyrosem-Pararendzinen und ein Lockersyrosem im Bereich der Flugsanddüne. Im Gebirgsraum wurden lokal auftretende Lösspakete bis in eine Höhe von 2 200 m ü. NN untersucht. Es handelt sich an allen Standorten um Tonlöss mit humusreichem Oberboden. Abhängig von der Höhen-

lage treten unterschiedliche Bodenvergesellschaftungen aus Schwarzerden, Braunerden, Parabraunerden und Fahlerden auf.

Summary

We studied structure and soil development of loess and loessic sediments in the area of Almaty/Kazakhstan examining the loess cover in the foreland of the Sailijskij-Alatau and two of its valleys. While the coarse grain fraction of the loessic sediments clearly increases northwards, clay contents decline. Even in its maximum area, the content of coarse silt remains lower than in Central European loess deposits. The sequence of loess types from south to north was: clayey loess, loess, sandy loess, loessic sand, and sand dunes in the northwestern part of the study area. Due to reduced precipitation and vegetation cover in the northern region, both thickness and content of organic matter of the upper soil horizons decrease. In the foreland the following soil systematic units (based on Central European nomenclature) were found (from south to north): Phaeozem – Chernozem – Calcisol – Protic Arenosol.

In the mountains loess deposits occur locally up to 2 200 m above sea level. All deposits consist of clayey loess throughout with a high proportion of organic matter.

Depending on the elevation there are different soil associations such as Paeozems up to 1 500 m, Eutric Cambisols and Haplic Luvisols up to 1 800 m and Haplic Luvisols together with Albic Luvisols up to 2 200 m.

Literatur

- AG BODEN (1994): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. - 329 S., Hannover
- ALTERMANN, M. & J. FIEDLER (1975): *Substrat- und Bodenwechsel am nördlichen Lößrand des Schwarzerdegebietes der DDR*. - *Hercynia N.F.* **12**, S. 130-159, Leipzig
- ALTERMANN, M. & M. FIEDLER (1978): *Die Kennzeichnung der Böden in den Sandlößgebieten außerhalb des Lößgürtels der DDR unter besonderer Berücksichtigung des Substrataufbaues*. - *Beiträge zur Geographie* **29**, S. 157-199, Berlin
- BAURIEGEL, A. & D. KÜHN (1995): *Erfassungsschlüssel für die Aufnahme bodenkundlicher Aufgrabungen, Sondierungen und sonstiger Aufschlüsse*. - Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Dezernat Bodengeologie, 86 S., Kleinmachnow (unveröff.)
- GEHRT, E. (2001): *Äolische Sedimente und Bodenbildung im Bereich der nördlichen Lössgrenze – Vergleich Hildesheim-Braunschweiger und Magdeburger Börde*. - In: Bauriegel, A., Ilsemann, J., Michel, C. & R. van der Ploeg (Hrsg.): *Boden – Objekt menschlicher Nutzung und Forschung*. - *Horizonte* **3**, S. 119-140. - *Festschrift zu Ehren von Herrn PD Dr. M. Altermann*

- KADUIROV, E. (1979): Ljossovuje porodui: proischoshdenije i stroitjelnuje svoistva (Lösse: Herkunft und Aufbau). - 167 S., Taschkent
- LIEBEROTH, I. (1964): Zur Unterscheidung von Parabraunerden und Fahlerden aus Weichsellöß in Sachsen. - Albrecht-Thaer-Archiv **8**, 6/7, S. 487-507
- NASYROV, R., A. NAUMENKO & A. SOKOLOV (1991): Geografija pochv Sailijskovo Alatau. - Kasak universitet I, 73 S. (russ.) (Bodengeographie des Sailijskij-Alatau), Alma Ata
- PÉCSI, M. & G. RICHTER (1996): Löss: Herkunft – Gliederung – Landschaften. - Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd. **98**, Berlin
- PREVITALI, F., I. ASSI & L. ŠEFRNA (1997): Pedosequences in Northern Tien Shan Mountain Belt (Kazakhstan-Kirgizstan). - Geogr. Fis. Din. Quat. **20**, 1, S. 157-167
- SCHRÖDER, H. & U. EIDAM (2002): Pedological Research on the Loess of Almaty, Kazakhstan. - In: SCHRÖDER, H. (ed.): Assessment of newable ground and surface water resource and the impact of economic activity on runoff in the basin of the Ili River, Republic of Kazakhstan, S. 233-242

Anschrift der Autorin:
Dipl.-Geogr. Ulrike Eidam
Humboldt-Universität zu Berlin
Geographisches Institut, Physische Geographie I
Unter den Linden 6
Sitz: Rudower Chaussee 16
10099 Berlin